

未固結地山でのトンネル施工における地山状態管理手法の活用について

— 一般国道 106 号宮古西道路(仮称)松山トンネル築造工事 —

岩手県沿岸広域振興局土木部宮古土木センター道路整備課 熊谷利明
 村本建設(株)技術部 正会員 ○北 茂人、青山幸男
 村本建設(株)(仮称)松山トンネル築造工事 西尾一良、寺西弘樹

1. はじめに

(仮称)松山トンネルは、岩手県の県都盛岡市と宮古市を連絡する地域高規格道路宮古盛岡横断道路のうち、岩手県が宮古市で整備を進めている宮古西道路に計画しているトンネルであり、本工事は、丘陵地の未固結地山に1D以下の小土かぶりで扁平大断面のトンネル掘削を行ったものである。本稿では、これら特殊条件下の施工で実施したパイプひずみ計を用いた地山挙動監視システムについて報告を行う。

2. 工事概要

本工事は、NATM機械掘削の上半先進ベンチカット工法で延長73mのトンネルを施工するものであり、掘削断面積は、インバートを含めて約124㎡の大断面で、扁平率は0.56である。支保パターン(図-2)は、トンネル全線でDⅢaパターンが採用され、補助工法には、長尺鋼管フォアパイリング工と長尺鋼管鏡ボルトを施工する計画で着手した。

3. 地質概要と事前追加調査および前方探査

本トンネルの地質は、分布する花崗閃緑岩が、全般に著しく風化し、まさ化した未固結な地質(地山等級DL~DH)である。また、土被りが薄いことから、グラウンドアーチの形成が困難で、緩みやすく、切羽が自立しない特殊トンネルである。このことから、次の項目の追加事前調査および切羽前方探査をトンネル全延長で実施した。(図-4)

水平ボーリング(トンネル掘削断面直上)・・・オールコアサンプリング・室内強度試験
 削孔検層・・・ドリルジャンボの削孔エネルギー等から地山状況を推定
 物理探査・・・速度検層(削孔検層の2孔を利用したクロスホール式のPS検層)

4. 地山挙動監視システムとデータの活用

水平ボーリング孔にパイプひずみ計を内蔵した鋼管(φ50mm)を挿入し、鋼管応力を自動計測する地山挙動監視システム(図-5・図-6)を構築してトンネル全延長の地山状態をリアルタイムに管理し、得られたデータを活用して対策を実施した。

対策1：プレフォームドリリング工法の採用 水平ボーリングの結果から、地山への影響が少ない泡削孔(プレフォームドリリング工法(写真-1))を採用し、水圧や水流による地山の劣化を防ぎ、削孔に起因する地山の緩み領域拡大を防止した。

対策2：長尺鋼管フォアパイリングの補強 長尺鋼管フォアパイリン

プレフォームドリリング削孔状況

キーワード：地山状態管理、未固結地山、小土被り、ひずみ計、情報化施工

連絡先：〒543-0002 大阪市天王寺区上汐4丁目5-26 村本建設株式会社大阪本社技術部 TEL 06-6772-8074



図-1 位置図

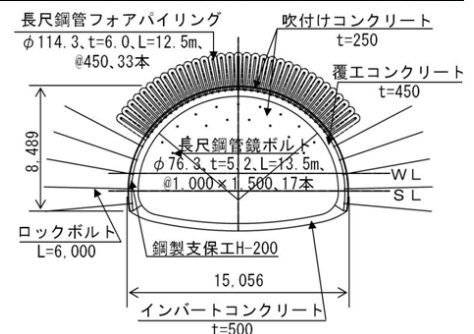


図-2 支保パターン図

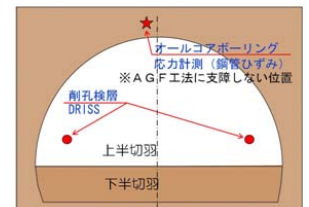


図-3 水平ボーリング位置図

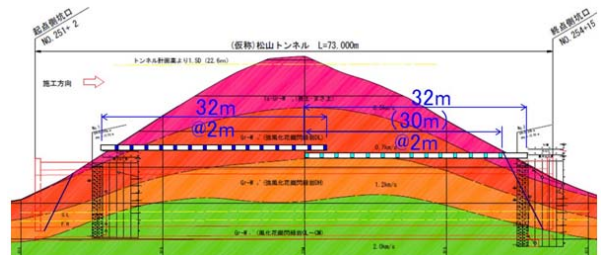


図-4 ひずみ計配置図

写真-1



グの坑内施工は、放射状に鋼管を挿入するので、先端付近の掘削断面外周近傍に未改良範囲が残る。その部分を注入式フォアポーリング(図-7)で補完し、長尺鋼管フォアパイリングの機能を確保した。

対策3：一次インバート工 鋼管応力管理と計測管理から早期閉合が必要なデータを得た。そこで、インバート工の施工について理論値を用いた計算とFEMを用いた解析(図-8)を行った結果、支保工脚部のインバートコンクリートを覆工スパン長(L=10.5m)掘削するとトンネルが沈下し、地山の安定に大きく影響することがわかった。よって、吹付けコンクリートによる一次インバート工を1m毎に施工し、早期の断面閉合を図った。



写真-2
一次インバート工施工状況

対策4：到達側坑口地山先行補強 得られたデータ(図-10)から、切羽が到達側坑口に近づくと坑口斜面の安定が損なわれ、トンネル到達前に斜面崩壊が生じることが懸念された。このため、トンネル掘削の影響が生じる前に到達側坑口の補助工法を坑外から施工して地山を先行補強し、トンネル掘削に伴う先行変位を抑制すると共に、地山の緩み領域の拡大を防止してトンネルおよび地山(坑口斜面)の安定を確保した。

5. 対策工の効果

両坑口の地表沈下と鋼管応力の値は要注意レベルとなったが、地山挙動監視システム等を活用し、速やかに対策工を実施することにより、問題となる大きな変位・変形が生じることなく設定した変形余裕量(50mm)以内で収束し、施工を完了した。図-9に到達側坑口の地山挙動監視システム管理データを示す。切羽が到達側坑口に近づいた時の先行変位は、切羽前方1D程度から発生しているものと判断できた。また、図-10に一次インバート工による早期断面閉合を行った結果を示す。各変位は、一次インバート工施工後2～3日で抑制され、収束した。

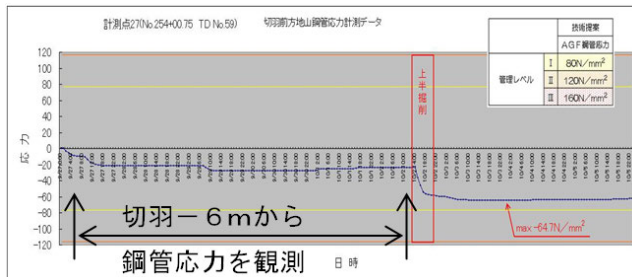


図-9 地山挙動監視システム管理データ (到達側)

6. おわりに

本稿では、特殊トンネルの掘削において、トンネル全延長を対象とした切羽前方探査および地山挙動監視システム等により、地山状態を正確かつリアルタイムに把握し、適時に最適な対策を行うことによって、地山およびトンネルの安定性を確保できた。今回の事例から、特殊トンネルにおける地山挙動監視システムを用いた情報化施工の有効性を示すことができたと思う。

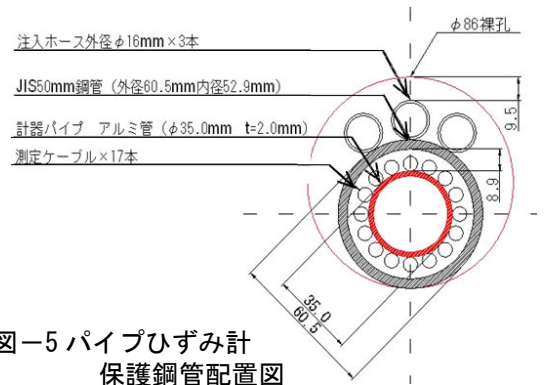


図-5 パイプひずみ計
保護鋼管配置図

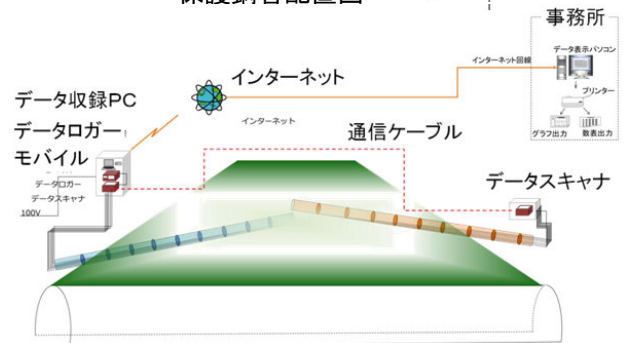


図-6 地山挙動監視システム

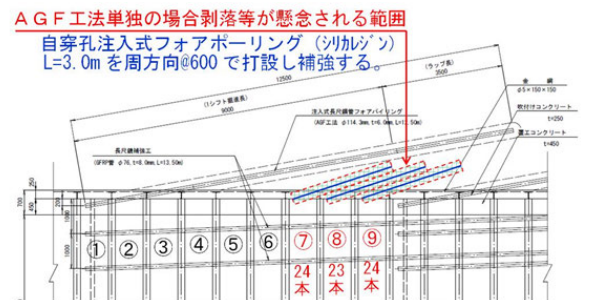


図-7 未改良領域補強注入式フォアポーリング

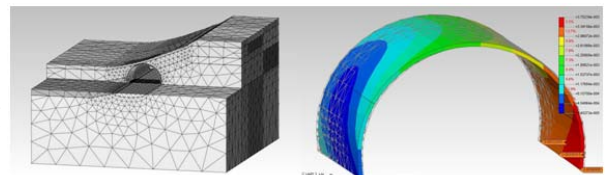


図-8 インバート施工時のFEM解析

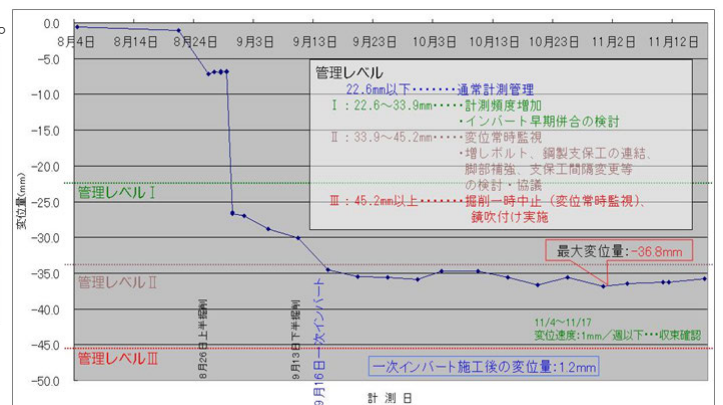


図-10 計測工A(地表沈下測定)経時変化図